SINVERT PVM

Test d'onduleurs

Tirage spécial, extrait de Photon édition Février 2011,
Pages 86 à 92

Les onduleurs SINVERT PVM

Answers for the environment.*

SIEMENS

*Des réponses pour l'environnement.

Un nouveau leader

Test de l'onduleur « Sinvert PVM20 » de Siemens

Romana Brentgens / photon-pictures.com (2)

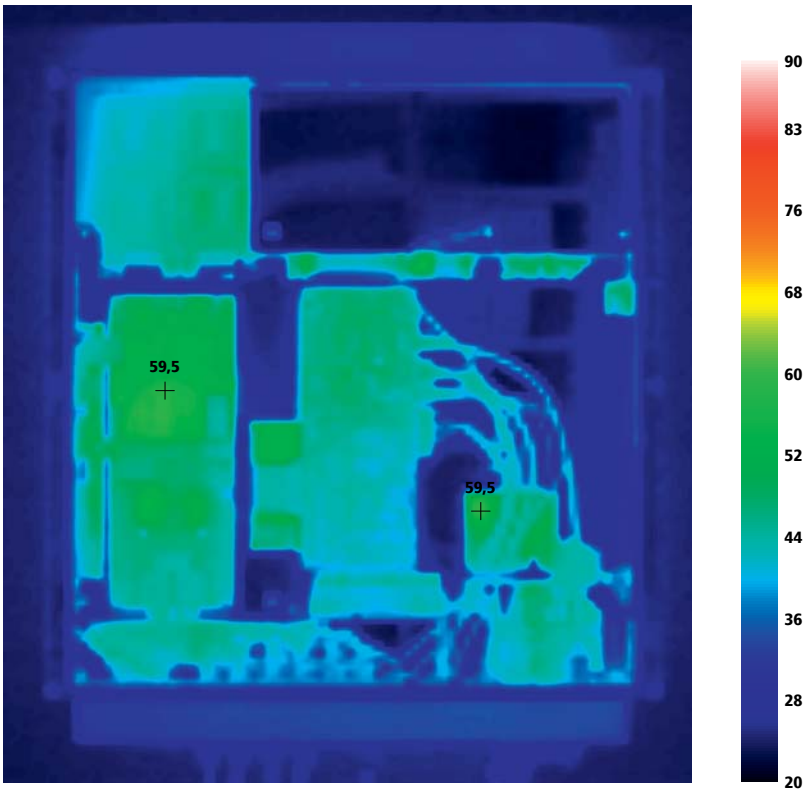
La structure interne du Sinvert PVM20 est particulièrement compacte. L'image thermique est très discrète : l'unité de puissance située à l'arrière, derrière les circuits, n'est pas dans le champ de la caméra thermique

En matière d'onduleur photovoltaïque de taille relativement petite, la société Siemens AG coopère avec Refu Elektronik GmbH, dont le siège se trouve à Metzingen (Allemagne). Siemens a offert un nouveau design à la gamme Refusol de Refu et commercialise ces appareils, identiques en tout point, sous l'appellation « Sinvert PVM » : les modèles Sinvert PVM10, PVM13, PVM17 et PVM20 disposent de puissances nominales CA comprises entre 10.000 et 19.200 watts, et correspondent aux produits Refusol 10K, 13K, 17K et 20K.

On peut dire qu'il s'agit là d'un achat judicieux, car Siemens a ainsi ajouté quatre produits phares à son catalogue. En novembre 2010, le laboratoire PHOTON avait déjà décerné la note « très bien + » au Sinvert PVM10. Suite à une modification apportée au schéma de notation en fin d'année, la note de cet appareil a été changée en un « très bien » ; ce qui ne l'a pas empêché de conserver sa place parmi les dix meilleurs onduleurs testés jusqu'à présent (voir page 114). Les résultats des trois autres représentants de cette catégorie satisfont également aux attentes les plus élevées. Les résultats des tests du plus puissant des trois onduleurs, le PVM20, vous sont présentés ci-après, en détail. Les rapports concernant les deux autres modèles, un peu moins exhaustifs, suivent en pages 94.

Le Siemens Sinvert PVM20 a obtenu le eilleur résultat de la série au laboratoire PHOTON ; ce jumeau du Refusol 20K se place à la tête du classement

Le Sinvert PVM20 de Siemens a été mis à la disposition du laboratoire PHOTON en septembre 2010, dans le cadre de l'accord habituel sur les tests. Il est le seul appareil de la gamme « Sinvert PVM » dont le pendant d'origine – à savoir le Refusol 20K du fabricant Refu Elektronik GmbH – n'a pas encore été testé par le laboratoire PHOTON –. C'est d'ailleurs bien dommage pour Refu, car, à présent, Siemens peut accaparer pour lui seul toute la gloire attachée au titre d'« onduleur ayant affiché la meilleure performance jamais établie à ce jour par PHOTON ». Avec un rendement de 97,5 pour cent



pour les rayonnements moyens, le Sinvert PVM20 obtient un dixième de point de plus que le Refusol 17K, jusqu'alors en tête du peloton, et que son concurrent de la famille Siemens, le Sinvert PVM17 (voir page 94).

Conception

Comme tous les appareils de la catégorie « Sinvert PVM », le PVM20 dispose d'un circuit sans transformateur et alimente le réseau électrique en triphasé. Sa topologie est certes complexe, mais sa conception et la disposition de ses composants en font un objet très compact et facile à fabriquer. Petit et très léger pour un onduleur triphasé de cette puissance, l'appareil donne une impression globale de qualité.

L'architecture interne est structurée en plusieurs couches : sur la partie avant se trouvent le circuit de commande et le circuit-filtre CC avec l'alimentation à découpage pour l'alimentation auxiliaire ; la partie arrière comprend un grand circuit de puissance. Dans une section séparée du boîtier, dans la partie supérieure de l'appareil, sont moulées sept bobines : trois destinées à l'arrêt du filtre sinus et quatre affectées à la charge des convertisseurs élévateurs. La carte d'affichage est montée à l'intérieur du couvercle du boîtier et elle est recouverte d'un film plastique transparent.

Le circuit de puissance contient tous les composants des convertisseurs continus d'entrée, le circuit intermédiaire de tension avec les condensateurs électrochimiques et les ponts de sortie. Les semi-conducteurs de puissance sont répartis dans trois modules différents du boîtier, et soudés à la partie inférieure du circuit. A l'arrière du boîtier, un gros radiateur sans ventilation forcée sert au refroidissement des semi-conducteurs. Le boîtier est constitué du ventilateur, d'un cadre latéral et d'un couvercle. Le Sinvert PVM20 correspond à l'indice de protection IP 65 et convient pour un montage en extérieur ou à l'intérieur d'un bâtiment.

Sous le circuit, un gros ventilateur interne prévient la formation de nids de chaleur. Sa durée de vie est évaluée à 80.000 heures, à 40 degrés Celsius. Mais en cas de panne, cet élément se change à moindre coût.

Les condensateurs électrochimiques utilisés dans l'unité de puissance ainsi que dans l'électronique de commande appartiennent à la classe de température « 105 degrés Celsius ». Ils se révèlent ainsi parfaitement adaptés à un fonctionnement à température ambiante.

Un dispositif de déconnexion automatique assure la sécurité en contrôlant la tension et la fréquence du réseau. Un test d'isolement effectué sur le générateur solaire établit la résistance d'isolement entre les raccordements du générateur et la terre. Le courant de fuite du réseau est également testé. Sous le cadre du boîtier, à côté des fiches CC, le Sinvert PVM20 possède un sectionneur CC.

Le générateur solaire est raccordé via six paires de connecteurs MC4 Multi-Contact. Une grosse fiche pentapolaire de Phoenix Contact permet le raccordement au secteur. Selon le mode opératoire, le générateur peut être fixé au boîtier à l'aide des deux vis de la fiche. L'onduleur peut également être raccordé à un capteur de température et de rayonnement. Il dispose d'un relais (230 volts / deux ampères CA) ainsi que de trois ports de communication : RS485 (entrée et sortie), USB et Ethernet.

L'écran et quatre DEL indiquent l'état de l'appareil. Les interfaces USB et Ethernet permettent de lire les données et d'effectuer les mises à jour du micrologiciel. L'onduleur Sinvert est, de plus, doté d'un enregistreur de données interne capable de sauvegarder jusqu'à 40 mesures. Chacune d'entre elles doit être activée et paramétrée individuellement.

Sont encore disponibles, en option, les équipements suivants : une prise d'alimentation de dimension supérieure, des connecteurs alternatifs pour le raccordement du générateur et une surveillance à distance, à l'aide de différents appareils externes.

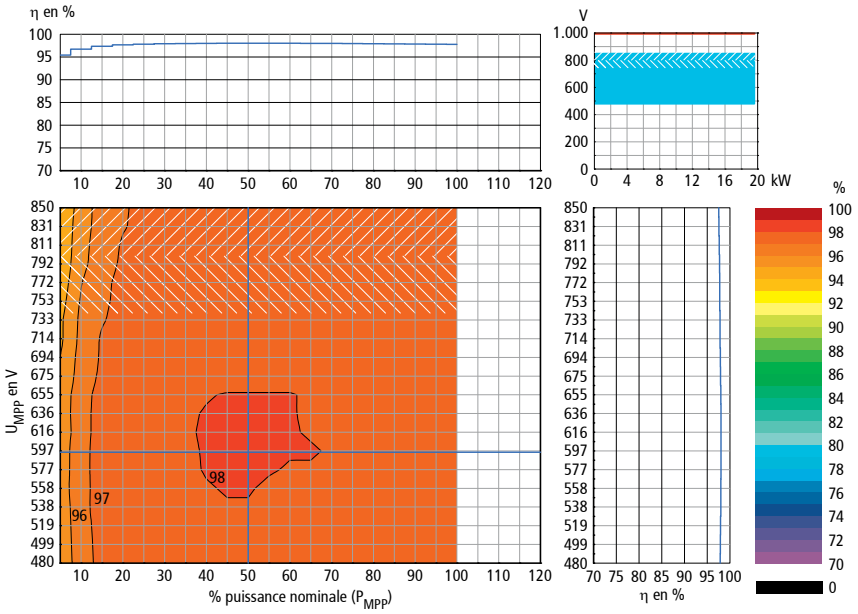
Installation

L'onduleur PVM20 arrive chez le client bien emballé et protégé par plusieurs cartons épais. Le très faible poids de l'appareil, comparé à sa puissance (41 kilogrammes), permet de le fixer au mur grâce à un support.

Lorsque le générateur solaire est correctement installé et que le déconnecteur CC est actif, il faut environ 126 secondes à l'onduleur pour se connecter au réseau, le temps pour lui d'effectuer différents tests.

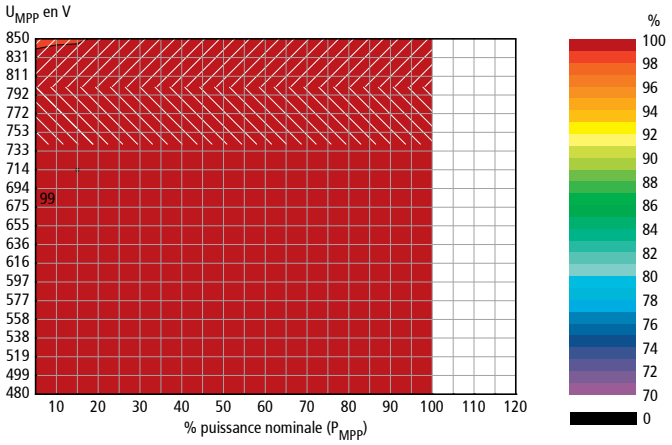
Rendement de conversion

Le PVM20 présente des rendements de conversion de 97 pour cent, voire plus, plus constants que ceux des deux autres candidats testés : le PVM17 et le PVM13



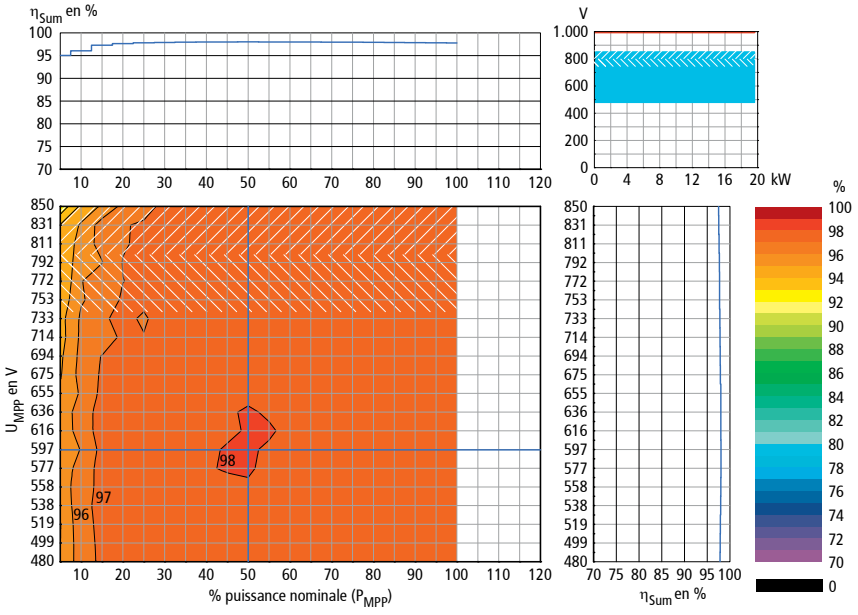
× Rendement MPPT

Du point de vue du MPPT également, le modèle le plus puissant de la gamme peut se féliciter d'avoir une longueur d'avance, aussi petite soit-elle



= Rendement global

Produit du rendement de conversion et du MPPT, le rendement global du PVM20 est constamment élevé



Suivre son travail est très simple, grâce à l'écran rétro-éclairé blanc, très pratique, situé à l'avant du couvercle. Les informations sont disponibles en six langues au choix : allemand, anglais, espagnol, français, italien ou tchèque. Le réglage des paramètres se fait via huit touches. Outre les messages d'état et d'erreur, l'écran propose un affichage par défaut des valeurs réelles de différents paramètres : puissance et tension CA ; tension CC ; rendement énergétique quotidien. Un autre menu indique les valeurs réelles : puissance, tension et courant CC ; puissance, tension et courant CA ; fréquence CA. Autres éléments également consultables : la température du radiateur et celle de l'intérieur de l'appareil et, une fois les capteurs correspondants raccordés, le taux de rayonnement et la température du module.

Il est par ailleurs possible de connaître le rendement absolu ou normalisé quotidien, mensuel, annuel ou global. De plus, la puissance injectée en journée ou durant les jours précédents peut être représentée sous forme d'histogramme (diagramme en barres). En résumé, le Sinvert donne accès à de nombreuses mesures de manière très claire.

Mode d'emploi

La livraison comprend un mode d'emploi (sur papier et CD) ainsi que différents certificats. Les instructions sont disponibles, en plus des langues ci-dessus mentionnées qui apparaissent à l'écran, en coréen, en grec et en portugais. Pour une installation rapide de l'onduleur, un résumé est également fourni : il inclut, outre des explications générales et la présentation des caractéristiques techniques de l'appareil, des indications de montage, de raccordement et de mise en marche. La navigation dans le menu est expliquée par un graphique. Des précisions sont également données quant à l'utilisation de l'écran, de l'alimentation et du raccordement CC.

Le résumé, la notice d'emploi exhaustive et les caractéristiques techniques peuvent, par ailleurs, être téléchargés depuis le site Internet du fabricant.

Design du circuit

Le circuit est normalement conçu en deux étages, sans qu'il s'agisse pour autant d'une topologie classique. L'énergie du générateur photovoltaïque atteint d'abord la partie puissance via un filtre antiparasite. Cette zone correspond à un condensateur de circuit intermédiaire scindé en deux, dont le centre est relié au conducteur N du réseau. Deux ponts de sortie triphasés sont connectés parallèlement en sortie : le premier est relié directement à l'alimentation d'entrée CC ; le deuxième est alimenté par deux convertisseurs élévateurs disposés dans le câble positif et négatif de l'alimentation d'entrée CC, des convertisseurs qui alimentent ensuite un autre condensateur de circuit intermédiaire scindé en deux.

La modulation des ondes sinusoïdales est alors répartie entre ces deux ponts de sortie, si bien que chacun ne conduit qu'une partie de l'amplitude de la tension pour produire le courant sinusoïdal dans les bobines de sortie. Ce dispositif permet de réduire les pertes dans les transistors de puissance et dans les bobines de sortie. De plus, chaque phase dispose, en sortie, d'une diode de roue libre qui empêche le retour de l'énergie emmagasinée dans les bobines de sortie vers le condensateur de circuit intermédiaire. Un tel retour, s'il se produisait, entraînerait des pertes supplémentaires. Un filtre lisse ensuite les blocs de tension modulés pour atteindre une tension sinusoïdale d'une fréquence de 50 hertz. Un filtre de sortie, disposé juste devant les borniers, élimine les éventuelles interférences radio.

Les nombreux composants du circuit sont, certes, très onéreux, mais ils contribuent aux performances élevées et aux bonnes propriétés CEM du Sinvert. De surcroît, le potentiel CC des bornes de raccordement CC s'ajuste, de manière symétrique, au potentiel terrestre.

Mesures

Les mesures suivantes sont basées sur une tension réseau de 230 volts. La tension CC maximale du Sinvert PVM20 s'élève à 1.000 volts. La puissance nominale CC, et donc la puissance raccordable maximale du générateur, se situe autour de 19.600 watts.

Pour les tensions MPP supérieures à 790 volts, il a fallu limiter la tension de circuit ouvert du simulateur lors des mesures, car celle-ci dépassait déjà 950 volts pour un facteur de remplissage de 75 pour cent, approchant ainsi de trop près de la tension CC maximale du PVM20.

Localisation du MPP : au début de la mesure, l'alimentation en courant continu et en courant alternatif était coupée. Avec une courbe prédéterminée, à puissance nominale et avec une tension MPP de 655 volts, l'onduleur met environ 28 secondes (en plus des 126 secondes nécessaires à la connexion au réseau) pour atteindre le MPP. Passer de 655 volts à la plage MPP inférieure la plus proche (636 volts) demande dix secondes, et il en faut environ huit pour atteindre la plage supérieure suivante (675 volts).

Plage MPP : la plage MPP s'étend de 480 à 850 volts, ce qui correspond à la caractéristique d'un onduleur de grande tolérance. Avec les facteurs de remplissage actuels, la tension MPP maximale de 850 volts est cependant trop proche de la tension d'entrée maximale de 1.000 volts. Sur les graphiques présentant le rendement de conversion, du MPPT et global, une zone hachurée représente les limitations à partir de 800 volts pour les modules cristallins et dès 740 volts pour les modules à couches minces.

Rendement de conversion : sur le diagramme, la ligne verticale coupe l'axe à 50 pour cent de la puissance nominale, et la ligne horizontale le coupe à 597 volts de tension MPP. L'intersection des deux lignes indique le rendement maximum (98,0 pour cent). Les 98,2 pour cent annoncés par le fabricant comme rendement maximum n'ont donc pas été totalement atteints.

La zone regroupant approximativement les mêmes valeurs forme un plateau sur le diagramme entre les tensions MPP de 558 à 655 volts et les puissances nominales de 37 à 65 pour cent. Dans la partie la plus large de la plage de fonctionnement, les valeurs montent à 97 pour cent, voire plus, ce qui correspond à une diminution de 0,5 pour cent pour les tensions MPP élevées et de seulement 0,3 pour cent pour les basses tensions. La diminution du rendement est plus marquée pour les puissances inférieures de quinze pour cent à la puissance nominale, mais ne dépasse cependant pas 2,5 à 3,5 pour cent. A puissance nominale égale, le facteur de puissance cos φ était proche de un.

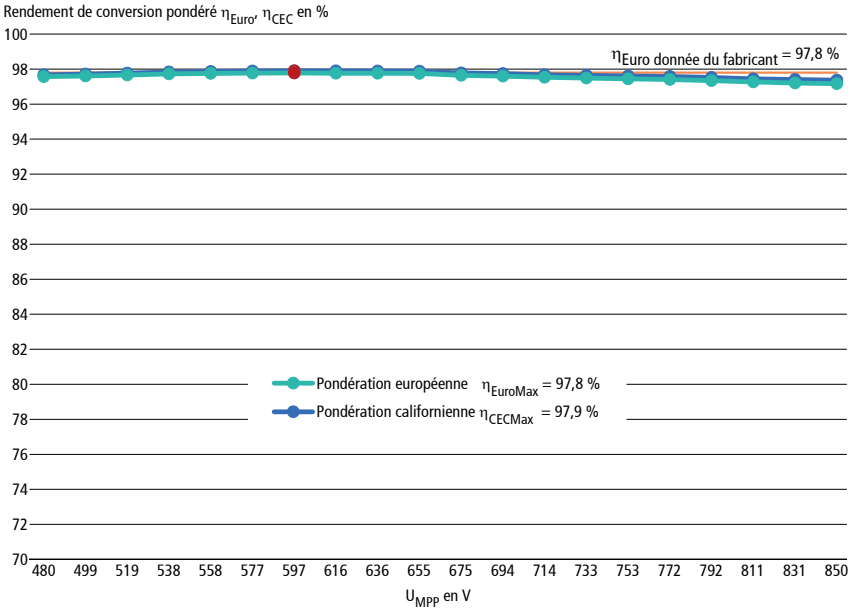
Rendement pondéré : le rendement européen maximum du PVM20 est atteint avec un MPP de 597 volts, ce qui correspond aux 97,8 pour cent annoncés par le fabricant. La différence entre le rendement de conversion maximum et le rendement européen maximum n'est que de 0,2 pour cent. Le rendement californien atteint également sa valeur maximale de 97,9 pour cent à une tension MPP de 597 volts.

Rendement du MPPT : le rendement du MPPT est très élevé et très régulier sur toute la plage de fonctionnement. Le MPPT se révèle inférieur aux 99 pour cent de la puissance prédéterminée pour les basses puissances de la plage de tension supérieure, mais cela ne concerne qu'une petite zone.

Rendement global : cet indicateur étant le produit du rendement de conversion et du rendement du MPPT, il est également très

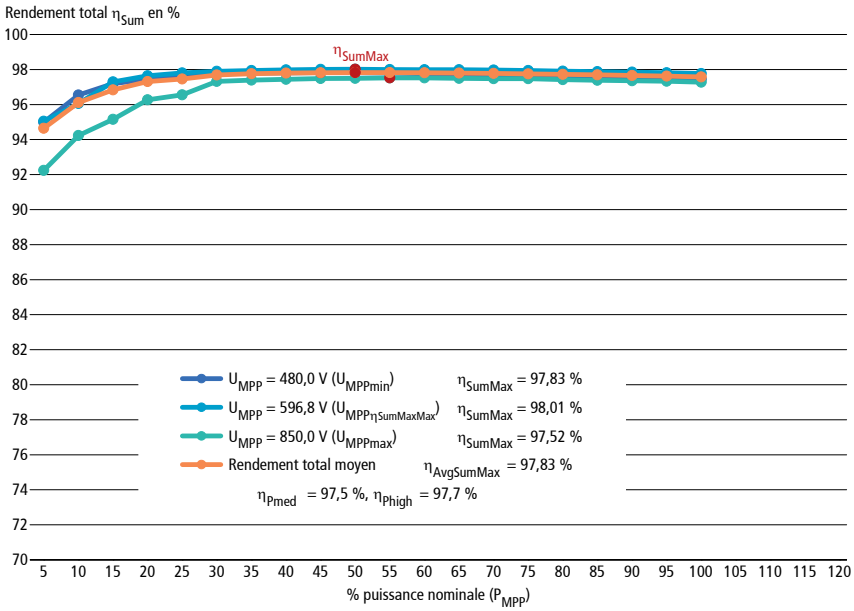
Rendement pondéré

Les courbes des rendements européen et californien sont quasiment horizontales et dépassent constamment la barre des 97 pour cent. La valeur maximale annoncée par le fabricant pour le rendement européen, 97,8 pour cent, a été confirmée par les mesures.


Rendement de conversion pondéré η_{Euro}, η_{CEC} en %
ηEuro donnée du fabricant = 97,8 %
Pondération européenne $\eta_{EuroMax}$ = 97,8 %
Pondération californienne η_{CECMax} = 97,9 %
U_{MPP} en V

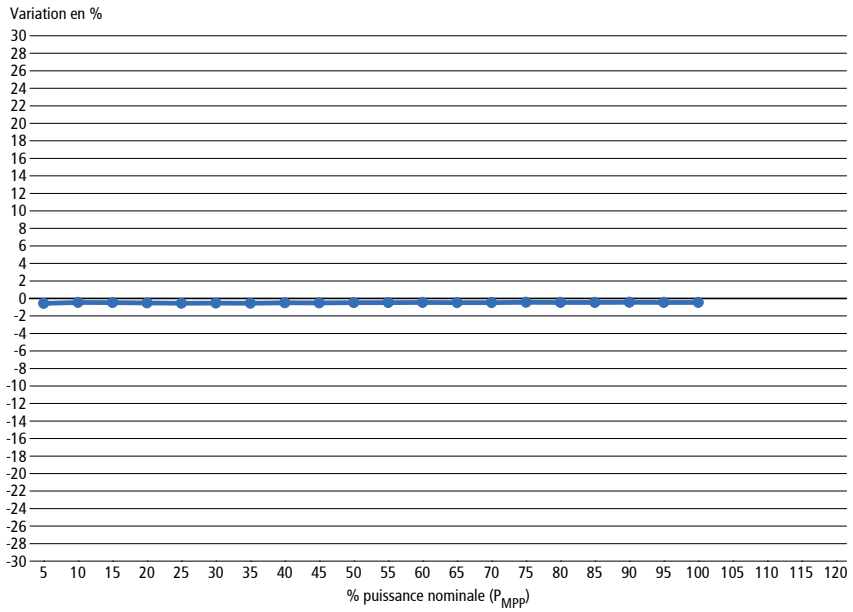
Rendement global pour différentes tensions

Les variations du rendement global pour différentes tensions se révèlent encore meilleures que pour le PVM13 et le PVM17. Même la courbe relativement basse (verte) à 850 volts commence à 92 pour cent, monte rapidement et se maintient ensuite son niveau.


Rendement total η_{Sum} en %
η_{SumMax}
U_{MPP} = 480,0 V (U_{MPPmin}) η_{SumMax} = 97,83 %
U_{MPP} = 596,8 V ($U_{MPP\eta SumMaxMax}$) η_{SumMax} = 98,01 %
U_{MPP} = 850,0 V (U_{MPPmax}) η_{SumMax} = 97,52 %
Rendement total moyen $\eta_{AvgSumMax}$ = 97,83 %
η_{Pmed} = 97,5 %, η_{Phigh} = 97,7 %
% puissance nominale (P_{MPP})

Précision de l'écran d'affichage

Les mesures et l'affichage de la puissance du PVM20 ne laissent aucune place au doute, l'écart maximal s'élevant à 0,6 pour cent



élevé et très régulier. Sur le diagramme en couleur, la ligne verticale coupe l'axe à 50 pour cent de la puissance nominale, et la ligne horizontale le coupe à 597 volts : l'intersection de ces droites indique un rendement maximum de 98,0 pour cent.

Variation du rendement global, moyenne des rendements et rendement PHOTON : le rendement PHOTON pour des rayonnements moyens est de 97,5 pour cent et de 97,7 pour cent pour des rayonnements élevés. Ces deux paramètres obtiennent la note « très bien », la meilleure jamais attribuée à un onduleur testé par PHOTON. Ce résultat est dû aux valeurs maximales élevées, mais surtout à la rapide augmentation et aux variations régulières du rendement global. Pour des tensions élevées (représentées par la courbe verte sur le diagramme pour 850 volts), le rendement commence à 92 pour cent et varie jusqu'à plus de 97 pour cent, à 30 pour cent de la puissance nominale. Pour des tensions faibles (courbe bleue pour 420 volts), l'augmentation commence dès 95 pour cent et varie encore plus vite par la suite.

Tension à puissance nominale : l'onduleur atteint 100 pour cent de sa puissance nominale sur une plage de tension allant de 480 volts à 850 volts, à une température de 25 degrés Celsius.

Affichage de la puissance de sortie : pour un MPP constant de 655 volts, correspondant donc à la plage moyenne, la puissance mesurée et affichée par le PVM20 ne varie que légèrement dans la plage située entre cinq et 100 pour cent de la puissance nominale, par rapport aux valeurs obtenues parallèlement par un analyseur de puissance. Pour des puissances faibles, la différence est seulement de l'ordre de -0,6 pour cent, et de -0,4 pour cent à -0,5 pour cent à partir de 20 pour cent de la puissance nominale. La précision du calcul est donc équivalente à celle d'un analyseur de classe B (avant classe de précision 1).

Hautes températures : l'onduleur alimente le réseau à 100 pour cent de sa puissance nominale à puissance nominale CC (19.600 watts), avec un MPP de 655 volts et à une température maximale de 56,4 degrés Celsius. Toute autre condition entraîne une réduction de la puissance et, ainsi, une légère diminution du rendement (0,1 pour cent). Cette réduction de la puissance n'intervient qu'en dehors de la plage de température comprise entre -25 et 55 degrés Celsius. Elle ne doit pas être prise en compte lors du choix du lieu de montage du PVM20. La très large plage de température et l'indice de protection du boîtier IP 65 permettent une utilisation dans des lieux habituellement chauds (comme sous le toit) ou bien en extérieur.

Capacité de surcharge : si l'on injecte au Sinvert PVM20, à une tension MPP de 665 volts et à une température de 25,1 degrés Celsius, une surcharge équivalente à 1,3 fois sa puissance nominale d'entrée, soit 25.480 watts, il se limite à 19.820 watts, ce qui correspond à 101,1 pour cent de sa puissance nominale CC (19.600 watts). Le risque de surcharge de l'onduleur est donc très faible. Lorsque la limite de puissance est atteinte, l'onduleur modifie le point de fonctionnement vers une tension d'entrée plus élevée sur la courbe et la tension CC passe alors à 733 volts.

Consommation : la consommation du PVM20 que nous avons testé est de 0,5 watt pour la partie CA et de 28 watts maximum pour la partie CC. Le fabricant ne donne aucun détail sur la consommation en fonctionnement. La nuit, l'onduleur consomme environ 0,5 watt. « Moins de 0,5 watt » affirme le fabricant.

Thermographie : les images thermiques montrent une vue en plan de l'onduleur en fonctionnement à 22,8 degrés Celsius. Du fait de sa structure en couches, l'unité de puissance est en grande partie recouverte par une plaque de tôle. Seules de faibles variations thermiques ont ainsi pu être constatées. La température maximale relevée à la surface de l'onduleur atteignait 59,5 degrés Celsius.

Commentaire du fabricant

La haute limite MPP était en tout premier lieu indispensable pour le concentrateur photovoltaïque ou les modules haute performance (facteur de remplissage : 80 à 85). En outre, il existe quelques anciens types de modules, de la marque Siemens par exemple, qui ont un facteur de remplissage supérieur à 80 nécessitant une plage MMP allant jusqu'à environ 820 volts.

Les pics de radiation, liés aux nuages, sont uniquement transmis par un sous-dimensionnement de l'onduleur. A l'heure actuelle, une variante de l'appareil avec une plage MPP répartie ne semble pas rentable.

Les rendements annoncés par PHOTON ont également été validés par l'Austrian Institute of Technology (AIT), en tenant compte des tolérances de mesure. Les valeurs mesurées respectent ces marges autorisées.

Résumé

L'onduleur Sinvert PVM20 de Siemens arrive en première place devant tous les onduleurs déjà testés à ce jour par PHOTON. Un mérite qui revient en fait à Refu Elektronik GmbH, la société qui a véritablement mis au point et fabriqué l'appareil. Le Refusol 20K, dont la conception est identique, n'a cependant pas encore été remis au laboratoire PHOTON pour essais.

Le PVM20 est compact et facile à mettre en œuvre. Il est aussi très léger pour un onduleur triphasé de cette puissance. Outre de nombreux ports de communication, il est doté d'un enregistreur de données interne et d'un écran graphique permettant d'afficher les statistiques. Les mesures et l'affichage de la puissance de sortie sont très précis et n'ont pas à redouter les comparaisons.

Le rendement de conversion maximum est de 98,0 pour cent, les variations sur la plage de tension et la plage de puissance restent très constantes dans leur ensemble. La grande régularité et le haut niveau de rendement du MPPT entraînent des variations très similaires du rendement global et du rendement de conversion. Seules de petites défaillances ont été constatées pour les tensions faibles dans la plage de tension MPP supérieure. Résultat de ce fonctionnement régulier : un très bon rendement PHOTON de 97,5 pour cent pour les rayonnements moyens, malgré la large plage de tension. Le rendement PHOTON pour les rayonnements élevés s'élève même jusqu'à 97,7 pour cent.

La plage de tension MPP est très large mais elle présente des limites dans sa partie supérieure, car l'écart entre la tension CC maximale et la tension MPP maximale est trop faible. Pour concevoir le MPP d'une installation photovoltaïque, le choix de la plage de tension MPP s'arrête à 740 volts.

L'onduleur a une capacité de charge quasi inexistante. Il propose, en revanche, une large plage de température, empêchant toute coupure de puissance. La faible dépendance du rendement de conversion à la température ne dépasse pas -0,1 pour cent.

L'onduleur PVM20 ne disposant pas de transformateur, il convient, en principe, uniquement aux modules cristallins. A l'avenir, il sera néanmoins possible de l'utiliser pour les modules à couches minces First Solar et les modules de United Solar Ovonic (Uni-Solar). Heinz Neuenstein, Jochen Siemer

Les modèles intermédiaires

Résumé des essais effectués sur les onduleurs Siemens Sinvert PVM17 et PVM13

En même temps que le Sinvert PVM 20 (voir page 86), les onduleurs PVM17 et PVM13 sont arrivés en septembre dernier au laboratoire PHOTON, constituant en quelque sorte des « versions intermédiaires » entre l'onduleur mentionné précédemment et l'onduleur PVM10, déjà testé (voir le tableau d'ensemble en page 114). Ces appareils avaient été mis à la disposition de PHOTON par le fabricant, dans le cadre de l'accord global en cours, et testés en même temps.

Le Siemens Sinvert PVM17 partage actuellement la deuxième place avec le Refusol 17K, de même construction, pour des rayonnements incidents moyens

L'onduleur Sinvert PVM17 de Siemens

Le PVM17 – qui convient à des installations allant jusqu'à environ 16,8 kilowatts – ne se distingue de son collègue de la même marque, l'onduleur Sinvert PVM20, que par des détails. Le résultat des essais (à savoir un rendement PHOTON de 97,4 pour cent pour un rayonnement incident moyen) place les deux modèles au coude à coude et positionne, jusqu'à maintenant, le PVM17 au deuxième rang de tous les candidats en lice dans le cadre de ces essais. L'onduleur Siemens (brassard n°17) doit cependant partager cette place avec le Refusol 17K qui avait déjà été testé à l'automne dernier (voir page 114). Le rendement PHOTON du PVM17, pour des rayonnements incidents élevés, atteint par contre, 97,7 pour cent. Dans les deux cas, l'appareil reçoit une mention « très bien », selon le nouveau schéma d'évaluation (voir page 114). Entre le Sinvert PVM17 et le Refusol 17K, les testeurs n'ont, quoiqu'il en soit, trouvé aucune différence qui ne soit explicable par des tolérances sur les mesures ou sur les composants.

L'onduleur Siemens Sinvert PVM13

En tant que troisième appareil de la famille « Sinvert PVM », l'onduleur Siemens Sinvert PVM13, qui convient pour des installations jusqu'à environ 12,6 kilowatts, a dû passer le test PHOTON. De même que pour le Sinvert PVM17, l'appareil correspondant de Refu (le Refusol 13K) avait déjà reçu à l'automne dernier la mention « très bien + » (selon le schéma d'évaluation valable à l'époque. Voir page 114). L'onduleur Siemens a pu, comme prévu, répéter cet exploit : son rendement PHOTON en situation de rayonnement direct moyen a atteint la même valeur, élevée, de 97,3 pour cent. La valeur pour les zones à rayonnement direct élevé atteint 97,6 pour cent. Dans les deux cas, et selon les nouveaux critères, cet appareil mérite la mention « très bien ». Derrière ses collègues de la marque qui affichent des puissances plus grandes, les PVM17 et PVM20, le PVM13 n'est en retrait que de deux dixièmes de pour cent. Cet ordre s'explique uniquement par les puissances nominales correspondantes – les onduleurs de puissance plus faible ont toujours tendance à avoir un rendement moindre que les onduleurs de plus grande puissance. *hn, js*

Romans Brentgens / photon-pictures.com (2)

A puissance nominale moindre, rendement moindre : l'onduleur PVM13 n'a pas à redouter la comparaison avec ses homologues

Compléments d'infos pour les abonnés

Ceci est un résumé des rapports d'essais établis par le laboratoire PHOTON pour les appareils concernés. Les abonnés peuvent avoir accès à l'intégralité de l'article, y compris les graphiques correspondants (en version PDF), à l'adresse suivante : **www.photon.info** (rubrique « myPHOTON »), en précisant leur numéro de client.

Siemens SAS
Industry Sector
Control Components and Systems Engineering
9 Bd Finot
93527 SAINT-DENIS Cedex, FRANCE

www.siemens.com/sinvert

Sous réserve de modifications 03/2011
N° de réf. : E80001-A2180-P300-X-7700
DISPO 46371
WÜ/32713 MI.CE.PV.XXXX.52.1.14 SD 04110.3
Imprimé en Allemagne
© Siemens AG 2011

Les informations de cette brochure contiennent uniquement des descriptions générales ou des caractéristiques qui, dans des cas d'utilisation concrets, ne sont pas toujours applicables dans la forme décrite ou qui, en raison d'un développement ultérieur des produits, sont susceptibles d'être modifiées. Les caractéristiques souhaitées de performance ne nous engagent que si elles sont expressément convenues à la conclusion du contrat.
Toutes les désignations de produits peuvent être des marques ou des noms de produits de Siemens AG ou de sociétés tierces agissant en qualité de fournisseurs, dont l'utilisation par des tiers à leurs propres fins peut enfreindre les droits de leurs propriétaires respectifs.